

Dipl.-Ing. H. MITSCHERLICH
Dipl.-Ing. K. GUNSCHMANN
Dr. rer. nat. W. KÖRBER
Dipl.-Ing. J. SCHMIDT-EVERS
PATENTANWÄLTE

D-8000 MÜNCHEN 22
Steinsdorfstraße 10
☎ (089) 29 66 84

13.12.1983

NIPPON SHEET GLASS CO. LTD
8,4-chome, Dosho-machi,
Higashik-ku
Osaka/Japan

Patentansprüche.

1. Optische Wellenleitervorrichtung mit einem optischen Wellenleiter (12,31) mit einem Bereich, der in einem transparenten Substrat (11,30) ausgebildet ist und der einem Brechungsindex aufweist, der höher ist als der Brechungsindex des Substrats (11,30), wobei der optische Wellenleiter (12,31) erste und zweite Wellenleiter-elemente aufweist, von denen jedes ein Ende zu einer Oberfläche des transparenten Substrats gerichtet hat, wobei das erste Wellenleiter-element und das andere Ende des zweiten optischen Wellenleiter-elementes mit einander im wesentlichen in V-Form verbunden sind, und das andere Ende des ersten optischen Wellenleiter-elementes auf eine Oberfläche (11A,30B) des transparenten Substrats (11,30) gerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das andere Ende der beiden ersten und zweiten Wellenleiter-elemente in der Nähe der Oberflächen (11B,30A) des transparenten Substrats (11,30) im wesentlichen in V-Form mit einander verbunden sind und ein Verbindungs-teil (12B,33) davon auf die Oberfläche (11B,30A) des Substrats (11,30) gerichtet ist.

- 1 2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet,
daß der optische Wellenleiter (12) ein drittes
Wellenleitererelement aufweist, das ein Ende auf die
Oberfläche (11B) des transparenten Substrats (11)
5 gerichtet hat und das andere Ende des dritten
Wellenleiterlements und das eine Ende des zweiten
Wellenleiterlements im wesentlichen in V-Form in
der Nähe der Fläche 11A) des transparenten Substrats
(11) mit einander verbunden sind und ein Verbindungs-
10 teil (12C) davon auf die Oberfläche (11A) des
transparenten Substrats (11) gerichtet ist..
3. Vorrichtung nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet,
daß der optische Wellenleiter (12) ein viertes
optisches Wellenleitererelement aufweist, dessen eines
15 Ende auf die Oberfläche (11A) des transparenten
Substrats (11) gerichtet ist, während das andere
Ende dieses vierten optischen Wellenleitererelements
und das eine Ende des dritten optischen Wellenleiter-
elements in der Nähe der Oberfläche (11B) des trans-
20 parenten Substrats im wesentlichen in V-Form mit
einander verbunden sind, und ein Verbindungsteil (12D)
davon auf die Oberfläche (11B) des transparenten
Substrats (11) gerichtet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 - 3 dadurch gekennzeichnet,
25 daß die Wellenleitererelemente jeweils geradlinig
verlaufen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4 dadurch gekennzeichnet,
daß die Achsen der optischen Wellenleitererelemente
in einer gedachten Ebene liegen, die lotrecht zur
Oberfläche (11B) des transparenten Substrats liegt
30 und mit einer zur Oberfläche (11B) des transparenten
Substrats (11) senkrechten Linie ^{einen gleichen Winkel θ} bilden und die
Achsen der optischen Wellenleitererelemente sich an
der Oberfläche des transparenten Substrats kreuzen.

- 1 6. Vorrichtung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet,
daß optische Filter (17B,17C,17D) auf Bereichen der
Oberfläche des transparenten Substrats (11) vorge-
5 sehen sind, auf die die Verbindungsteile (12B,12C,
12D) gerichtet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet,
daß die optischen Filter (17B,17C,17D) Licht mit
vorbestimmten Wellenlängen durchlassen und Licht mit
anderen Wellenlängen reflektieren.
- 10 8. Vorrichtung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet,
daß die optischen Filter Licht in vorbestimmten
Mengen durchlassen bzw. das restliche Licht
reflektieren.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet,
15 daß ein weiteres optisches Filter (17E) am Ausgangs-
ende (12E) des optischen Wellenleiters (12) ange-
ordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet,
daß das Verbindungsteil (12B) im transparenten
20 Substrat (11) und ein Ende (12A) des optischen
Wellenleiters in einem zweiten transparenten Sub-
strat einander gegenüberliegen.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet,
daß die Verbindungsteile (12B) im transparenten
25 Substrat und das zweite transparente Substrat ein-
ander gegenüberliegen und zwischen ihnen ein flüssi-
ger Kristall (22) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11 dadurch gekennzeichnet,
daß die Oberfläche des transparenten Substrats auf die
30 die zwei Enden (12A,12E) des optischen Wellenleiters
(12) gerichtet sind, im wesentlichen lotrecht zur
optischen Achse des optischen Wellenleiterelements
angeordnet ist.

- 1 13. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekenn-
zeichnet, daß ein drittes optisches Wellenleiter-
element (32) vom zweiten optischen Wellenleiter-
element (31B) an einem mittleren Punkt zwischen
5 dem einen Ende (36) des zweiten optischen Wellen-
leiterelements (31B) und dem Verbindungsteil (33)
abzweigt und die Oberfläche (30A) des transparenten
Substrats (30) erreicht, wobei das dritte Wellen-
leiterelement (32) mit dem Verbindungsteil (33)
10 bezüglich des zweiten Wellenleiterelements (31B)
einen spitzen Winkel bildet; ein Teil des vom ersten
optischen Wellenleiterelements (31A) übertragenen
Lichts von einem optischen Filter (34) durchge-
lassen wird, das auf einem Oberflächenteil des
15 transparenten Substrats (30) angeordnet ist, auf
das der Verbindungsteil (33) gerichtet ist und das
restliche Licht vom optischen Filter (34) re-
flektiert wird; und das durch das dritte Wellen-
leiterelement (32) eingeführte ^{mit Licht} Licht vermischt wird,
20 das durch das zweite optische Wellenleiterelement
(31B) übertragen wird.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet,
daß das erste bzw. zweite Wellenleiterelement (31A,
31B) geradlinig sind.
- 25 15. Vorrichtung nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet,
daß die Oberfläche 30B des transparenten Substrats
(30), auf die das eine Ende (36, 35) jedes der
ersten bzw. zweiten Wellenleiterelemente gerichtet
ist, im wesentlichen lotrecht zur optischen Achse
30 des ersten bzw. zweiten optischen Wellenleiter-
elements (31A, 31B) angeordnet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet,
daß die ersten und zweiten Wellenleiterelemente (31A,
31B) bogenförmige Teile zwischen dem Verbindungsteil
35 (33) und dem einen Ende (35, 36) aufweisen und die
optischen Achsen des ersten und zweiten Wellenleiter-
elements (31A, 31B) im wesentlichen lotrecht zur Ober-
fläche (30B) des transparenten Substrats (30) stehen.

1

Optische Wellenleiter-Vorrichtung.

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Wellenleiter-Vorrichtung, die einen optischen Wellenleiter aufweist, der in einem transparenten Substrat einen Bereich umfaßt, der einen größeren Lichtbrechungsindex aufweist als das transparente Substrat. Im Besonderen
- 10 bezieht sich die Erfindung auf eine optische Wellenleiter-Vorrichtung, die zweckmäßig als Element zur zur Bildung eines Demultiplexers, eines Multiplexers, eines Demultiplexers/Multiplexers, eine Kopplers, eines optischen Schalters oder dergl. verwendet werden
- 15 kann.
- Ein Multiplexer, ein Demultiplexer oder ein Demultiplexer/Multiplexer ist eine wichtige Einrichtung in einem optischen Nachrichtenübermittlungs-System.
- Ein konventioneller Demultiplexer um gemischtes Licht,
- 20 das Licht mit drei oder vier verschiedenen Wellenlängen umfaßt, in Lichtkomponenten mit je einer einzigen Wellenlänge zu trennen, benutzt üblicherweise ein Interferenzfilter. Ein konventioneller Demultiplexer um gemischtes Licht mit einem höheren Mischungsgrad
- 25 mit 8 - 10 verschiedenen Wellenlängen zu trennen, verwendet üblicherweise ein Beugungsgitter. Dies beruht darauf, daß ein Demultiplexer mit einem Interferenzfilter mit dem Grad der Trennanforderungen im Aufbau zunehmend komplizierter wird.
- 30 Ein bekannter Demultiplexer mit einem Interferenzfilter ist in Fig. 1 gezeigt. Bei diesem Demultiplexer besteht die Demultiplexer Einheit aus einem Paar von abgestuften Index-Linsen 1, deren Endstirnflächen einander zugewandt sind, wobei ein Interferenzfilter 2 zwischen diesen Flächen angeordnet ist,
- 35 wobei ihre Mittelachsen mit einander fluchten. Jede dieser Linsen weist eine Länge auf, die $1/4$ der

1 maximalen periodischen Lichtstärke (pitch of light)
entspricht und weist einen in der Mittelachse maximalen
Brechungsindex auf, der nach einer Parabolfunktion zum
äußeren Rand hin abnimmt. Eine Mehrzahl (im vorliegenden
5 Fall ein Paar) solcher Elemente von Demultiplexer-
Einheiten 3A bzw. 3B sind so zusammengefügt, daß die
Mittelachsen gegen einander versetzt sind. Ein Inter-
ferenz-Filter 2A bzw. 2B des jeweiligen Elements 3A bzw.
3B reflektiert das Licht mit einer spezifischen Wellen-
10 länge λ_1 bzw. λ_2 und läßt das Licht mit anderen Wellen-
längen durch.

In einem solchen Demultiplexer wird gemischtes Licht
mit Wellenlängen λ_1 , λ_2 und λ_3 , das durch eine einzige
optische Faser 4A zugeführt wird, entwirrt. Dadurch
15 können Lichtkomponenten mit mit Wellenlängen λ_1 , λ_2
und λ_3 aus den optischen Fasern 4B, 4C und 4D, die an die
Elemente 3A und 3B angeschlossen sind, erhalten werden.

Wenn ein solcher Demultiplexer zur Entwirrung von Licht
20 mit drei oder vier verschiedenen Wellenlängen eine
vorstehend beschriebene Anordnung aufweist, wird die
Gesamtkonstruktion kompliziert und die Montage wird
schwierig, da eine Mehrzahl von zylindrischen Linsen-
systemen mit gegen einander versetzten Achsen mit
25 einander verbunden werden muß. Außerdem werden die Ein-
führungsverluste bei einem solchen Demultiplexer ver-
hältnismäßig groß, da die Anschlußfläche der optischen
Zuführungsfaser 4A, die mit der Linse 1 verbunden ist,
nicht eine Punktverbindung ist und die Linse 1 Ab-
30 bildungsfehler aufweist.

Zur Behebung solcher Fehler wurde ein anderer konventi-
oneller Demultiplexer (s. Fig. 2) vorgeschlagen. Bei
diesem Demultiplexer ist ein Dreikantprisma 5 als
Basis mit einer Oberfläche 6A eines transparenten
Substrats 6 gekuppelt und eine abgestufte Indexlinse 1
35 mit einer Länge, die $1/4$ der maximalen periodischen
Lichtstärke (pitch of light) entspricht, und eine
Zuführungsfaser 4A sind an die Basis 5 angeschlossen.

- 1 Ähnliche Kombinationen von Basisprismen 5, abgestuften
Indexlinsen 1 und optischen Fasern 4B, 4C, 4D und 4E sind
mit der Oberfläche 6A und den gegenüberliegenden Flächen
6B eines Substrats 6 durch Interferenzfilter 2B, 2C, 2D
5 bzw. 2E gekoppelt. Die Interferenzfilter 2B, 2C, 2D bzw. 2E
lassen das Licht entsprechend den Wellenlängen λ_1 , λ_2 , λ_3
bzw. λ_4 durch und reflektieren Licht mit anderen
Wellenlängen.
- In einem solchen konventionellen Demultiplexer kann
10 durch die optische Faser 4A einfallendes Licht durch die
Linse 1 prallel gerichtet werden, sodaß es schräg auf
die Substratfläche auftrifft, wiederholt durch die Inter-
ferenzfilter 2B, 2C, 2D und 2E durchgelassen bzw. reflek-
tiert wird, sodaß Lichtkomponenten mit den jeweiligen
15 Wellenlängen λ_1 , λ_2 , λ_3 und λ_4 durch die jeweiligen
optischen Filter 4B, 4C, 4D bzw. 4E erhalten werden.

Ein Demultiplexer mit dem beschriebenen Aufbau leidet
jedoch unter dem Problem hoher Eingangsverluste mit
20 einer Verstärkung des Vermischungsgrades, wie dies beim
Demultiplexer nach Fig. 1 der Fall ist, da der Licht-
strahl während seiner Fortpflanzung im Substrat 6 streut,
weil der Anschluß der optischen Faser 4A nicht punkt-
förmig ist und die Linse 1 Abbildungsfehler aufweist.

25 Ein weiterer konventioneller Demultiplexer ist in
Fig. 3 gezeigt. Bei diesem Demultiplexer wird eine
optische Faser 7A, die gemischtes Licht aufnimmt entlang
schräger Ebenen unter 45° geschnitten. Interferenz-
30 filter 2A und 2B, die Licht mit spezifischen Wellen-
längen λ_1 bzw. λ_2 reflektieren sind an den schrägen
Schnittflächen der Faser 7A eingefügt. Optische Fasern
7B und 7C, die Lichtkomponenten mit Wellenlängen von
 λ_1 und λ_2 , die von den Filtern 2A bzw. 2B reflektiert
35 wurden, übertragen, sind mit der Faser 7A gekoppelt.

1 Bei diesem konventionellen Demultiplexer sind, um ein
Licht mit einer scharfen Spektrumsverteilung bei den
Fasern 7B und 7C zu erhalten, zusätzlich zwei weitere
Interferenzfilter 2C und 2D, die nur den Durchgang von
5 Lichtkomponenten mit den Wellenlängen λ_1 bzw. λ_2 erlauben,
an den Berührungsflächen zwischen den Fasern 7A und den
Fasern 7B bzw. 7C vorgesehen.

Der Einführungsverlust ist bei einem solchen Demulti-
plexer verhältnismäßig gering, wenn Licht mit der
10 Wellenlänge λ_3 einer optischen Faser 7D zugeführt wird,
die coaxial mit der optischen Einführungsfaser 7A ver-
bunden ist und die nicht reflektiertes Licht liefert,
das nicht durch die Interferenzfilter 2A und 2B
reflektiert wurde. Wenn die Lichtkomponenten Wellen-
15 längen λ_1 und λ_2 jedoch auf die optischen Fasern 7B und
7C treffen, die mit der Faser 7A verbunden sind, tendie-
ren die Strahlen zur Streuung, was wieder zu einem
hohen Einführungsverlust führt.

In einem optischen Nachrichtenübermittlungs-System ist
20 eine mit Eingangskoppler (access coupler) bezeichnete
Vorrichtung als Koppler wesentlich, der einen Teil der
Daten von einer Hauptlinie abzweigt, die abgezweigten
Daten einem Empfänger oder dergl. zur Bearbeitung zuführt
und die sich ergebenden Daten vom Empfänger mit den
25 Daten der Hauptlinie kombiniert. Ein Eingangskoppler
wurde bereits vorgeschlagen, bei dem ein optischer
Wellenleiter in einem transparenten Substrat aus Glas
oder einem Kunststoff ausgebildet wird.

Zur Herstellung eines solchen Kopplers durch Ausbildung
30 eines optischen Wellenleiters in einem transparenten
Substrat ist ein in Fig. 4 gezeigtes Verfahren bekannt.
Bei diesem Verfahren wird ein Zweigwinkel θ verändert,
während die Breite W des optischen Wellenleiters konstant
gehalten wird, sodaß das Verhältnis der Lichtabgabe 8
35 und 9, d.h. das Verhältnis P_{02}/P_{01} verändert wird.

- 1 Wenn θ z.B. auf 1° oder weniger eingestellt wird,
ergibt sich ein Verhältnis $PO_2/PO_1 = 1$, bei einem
Zweigkoppler. Das Abzweigungsverhältnis ist jedoch
bei einem Eingangskoppler (access coupler) so klein wie
5 $1/5$ bis $1/20$. Um ein solch kleines Verhältnis zu
erreichen, muß der Winkel vergrößert werden. Wenn der
Winkel θ vergrößert wird, vergrößert sich der Verlust
im Zweigbereich, was zu einem erhöhten Einleitungsverlust
($PO_2 + PO_1$)/PT führt.
- 10 Um diesen Nachteil zu beseitigen, wurde das in Fig. 5
gezeigte Verfahren vorgeschlagen. Bei diesem Verfahren
ist der Winkel θ verkleinert, um die Einleitungs-
verluste zu verringern. Insbesondere die Breiten W_1
und W_2 wurden an den Abgabepunkten 8 und 9 des
15 optischen Wellenleiters kleiner gemacht als die
Breite W_0 am Eingang des Wellenleiters und ein Ver-
hältnis $W_1 > W_2$ ist gegeben, sodaß das Ausgangsver-
hältnis PO_2/PO_1 kleiner wird. Bei diesem Verfahren
führt jedoch bei einer vielfach belegbaren (multimode)
20 Faser schon eine geringe Verschiebung der Kontakt-
position der optischen Eingangsfasern zu einer erheb-
lichen Veränderung des Abgabeverhältnisses PO_2/PO_1 ,
sodaß eine hochexakte Einstellung des Abgabeverhält-
nisses sehr schwierig wird.
- 25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine
optische Wellenleitervorrichtung zu schaffen, die zur
Verwendung bei Demultiplexern, Multiplexern,
Demultiplexern/Multiplexern, Kopplern, optischen
Schaltern oder dergl. verwendbar ist und die einen
30 einfachen Aufbau und geringe Verluste aufweist.

Nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine
optische Wellenleitervorrichtung mit einem optischen
Wellenleiter vorgesehen, der einen Bereich in einem
35 transparenten Substrat mit einem höheren Licht-
brechungsindex als dem des transparenten Substrats

1 aufweist, wobei der optische Wellenleiter erste und
zweite Wellenleiterelemente besitzt, von denen jedes
ein der Oberfläche des transparenten Substrats zuge-
wandtes Ende besitzt und das andere Ende im wesentlichen
5 in V-Form in der Nähe der Oberfläche des transparenten
Substrats gekoppelt ist, wobei der Kopplungsteil der
Oberfläche des transparenten Substrats zugewendet ist.

Wenn der optische Wellenleiter nach der Erfindung als
10 Demultiplexer, als Multiplexer oder als Demultiplexer/
Multiplexer verwendet wird, wird ein Ende der optischen
Eingangsfaser direkt mit der Oberfläche des transparenten
Substrats, dem das eine Ende des optischen Wellenleiters
ausgesetzt ist, gekoppelt. Ein Interferenzfilter, das
15 nur das Licht einer Wellenlänge durchläßt, ist auf der
Oberfläche des transparenten Substrats, dem der Ver-
bindungsteil der Wellenleiterelemente zugewendet ist,
angeordnet und ein Ende einer optischen Faser zur Weiter-
leitung des Lichtes mit der Wellenlänge, die vom Inter-
20 ferenzfilter empfangen wird, ist daran angeschlossen.

Wenn der optische Wellenleiter nach der Erfindung als
Koppler benutzt wird, zweigt ein drittes Wellenleiter-
element an einer Stelle ab, die zwischen dem einen Ende
25 des zweiten Wellenleiterelements und dem Anschlußteil
liegt und erreicht die Oberfläche des transparenten
Substrats, sodaß das dritte Wellenleiterelement das
zweite Wellenleiterelement unter einem spitzen Winkel
in Richtung auf den Anschlußteil kreuzt; ein Teil des
30 Lichts, das durch das erste Wellenleiterelement geleitet
wird, wird von einem Filter geliefert, das auf dem Teil
der Oberfläche des transparenten Substrats angeordnet
ist, dem der Anschlußteil ausgesetzt ist, während der
restliche Lichtanteil vom Filter reflektiert wird, und
35 das durch das dritte Wellenleiterelement geleitete
eingespeiste Licht mit dem durch das zweite Wellen-
leiterelement geleitete Licht kombiniert wird.

- 1 Nach der Erfindung kann der in die Erde verlegte Wellen-
leiter entweder einen über den ganzen Querschnitt des
Wellenleiters verteilten gleichen Brechungsindex haben
oder der Lichtbrechungsindex ist so über den Querschnitt
5 verteilt, daß er im Zentrum maximal ist und sich zur
Peripherie hin parabolisch verkleinert, wie es bei dem
unten beschriebenen Ausführungsbeispiel der Fall ist.

- Wenn der Wellenleiter eine Brechungsindex-Verteilung
10 der früheren Art aufweist, dann wird das Licht im
Wellenleiter und dem ihn umgebenden Teil durch wieder-
holte Totalreflektion weiter geleitet. Wenn andererseits
der Wellenleiter eine Brechungsindex-Verteilung der
15 letzterwähnten Art aufweist, wird das Licht nach einer
Sinuskurve weitergeleitet.

Im Einzelnen wird die Erfindung unter Bezug auf die
beigefügten Zeichnungen nachstehend näher erläutert.

Es zeigen:

- 20 Fig. 1 bis 3 Querschnitte konventioneller optischer
Wellenleiter, die bei Multiplexern bzw.
Demultiplexern verwendet werden;
Fig. 4 und 5 Querschnitte konventioneller Wellen-
leitervorrichtungen bei Verwendung bei
einem Eingangskoppler;
25 Fig. 6 einen Querschnitt einer optischen Wellen-
leitervorrichtung nach einer ersten Aus-
führung der vorliegenden Erfindung;
Fig. 7 einen Schnitt in Längsrichtung entlang
der Linie VII--VII der Vorrichtung
nach Fig. 6;
30 Fig. 8 einen Querschnitt einer optischen Wellen-
leitervorrichtung nach einer zweiten Aus-
führungsform der vorliegenden Erfindung;
Fig. 9 einen Querschnitt einer dritten Aus-
35 führungsform der Erfindung;

- 1 Fig. 10 einen Querschnitt einer Vorrichtung nach einer vierten Ausführungsform der Erfindung;
Fig. 11 einen Längsschnitt entlang der Linie XI--XI in Fig. 101
- 5 Fig. 12 einen Querschnitt durch eine Vorrichtung nach einer fünften Ausführungsform der Erfindung;
Fig. 13 einen Querschnitt durch eine Vorrichtung nach einer sechsten Ausführungsform der Erfindung;
- 10 Fig. 14A bis 14D Längsquerschnitte durch auf einander folgende Fertigungsschritte bei der Herstellung einer Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 15 einen Längsschnitt, der ein Verfahren zeigt,
15 bei dem ein abgedecktes Substrat einem Ionenaustausch mit geschmolzenem Salz entsprechend den Schritten nach Fig. 14 unterworfen wird.

20 In den vorstehend genannten Zeichnungen wurden Schraffierungen der Schnittflächen von optischen Fasern, Linsen, Prismen und der transparenten Substrate zwecks größerer Klarheit fortgelassen.

Zunächst werden die 1. bis 6. Ausführungsform unter Bezug auf die beigegeführten Fig. 6 - 13 beschrieben:
25 Die Fig. 6 und 7 zeigen die erste Ausführungsform der Erfindung, bei der eine optische Wellenleitervorrichtung bei einem Demultiplexer/Multiplexer verwendet wird.

30 In den Fig. 6 und 7 bezeichnet 10 einen Körper eines erfindungsgemäßen optischen Wellenleiters, bei dem ein optischer Wellenleiter 12 einen Bereich umfaßt, der in einem als Parallelepipedon geformten transparenten Substrat 11 aus Glas, Quartz, einem Kunststoff oder dergl. ausgebildet ist und einen Lichtbrechungsindex
35 hat, der größer ist als der des Substrats 11. Der verwendete Ausdruck "transparent" bedeutet hier, daß verwendetes Licht durchgelassen wird. Der optische Wellenleiter 12 besitzt einen im wesentlichen kreis-

1 förmigen Querschnitt, in dem eine abgestufte Verteilung
des Brechungsindex vorhanden ist, z.B. der Brechungs-
index n_0 ist im Zentrum am größten und verkleinert sich
zur Peripherie hin, und der Index n_1 in einem Bereich
5 des Wellenleiters weit genug vom Zentrum entfernt,
entspricht dem Indexwert des Substrats 11.
Der optische Wellenleiter 12 besteht aus ersten bis
vierten linearen optischen Wellenleiter-elementen, die
nacheinander mit einander im wesentlichen in V-Form
10 an einem Paar von seitlichen Flächen 11B und 11A des
Substrats 11 angekuppelt werden. Dabei bilden sie eine
W-Form parallel zur Oberfläche des Substrats 11. Ein
Ende 12A des optischen Wellenleiters 12 ist zur Fläche
11A des Substrats 11 gerichtet, und Verbindungs-teile
15 12B, 12C und 12D und das andere Ende 12E des optischen
Wellenleiters 12 sind abwechselnd auf die Seitenflächen
11B und 11A des Substrats 11 gerichtet.
Die Achsen der ersten bis vierten Wellenleiter-elemente
liegen in einer imaginären Ebene, die senkrecht zu den
20 Seitenflächen 11A und 11B verläuft und sind unter einem
Winkel θ zu einer Linie geneigt, die normal zu den
Seitenflächen 11A und 11B angeordnet ist und in die
imaginäre Ebene fällt. Wenn auch verschiedene Abwand-
lungen je nach Anwendung der Vorrichtung vorgenommen
25 werden können, bei dieser ersten Ausführungsform kreuzen
die Achsen der ersten bis vierten Wellenleiter-elemente
einander auf den Seitenflächen 11A und 11B. In den
nachfolgenden Ausführungsformen soll das Verhältnis der
optischen Wellenleiter-elemente untereinander in der
30 vorbeschriebenen Weise bestimmt sein.
Eine optische Eingangsfaser 13A, die aus einem Kern 15
mit einem im wesentlichen dem Durchmesser des optischen
Wellenleiters 12 entsprechenden Durchmesser
und einer Ummantelung 16 mit einem niedrigen Licht-
35 brechungsindex besteht, ist durch einen Leim oder dergl.
mit einem Ende 12A des Wellenleiters 12 der Seitenfläche
11A des transparenten Substrats 11 so verbunden, daß

1 die Endfläche der Faser 13A schräg geschnitten ist
und die Achsen des Kerns 15 und des Wellenleiters 12
mit einander fluchten. Die Verbindungsteile 12B, 12C und
12D und das andere Ende 12E des optischen Wellenleiters
5 12 sind ebenfalls auf die Flächen 11A und 11B des
Substrats 11 gerichtet bzw. haben den gleichen Durch-
messer wie das eine Ende 12A.
Ein Interferenzfilter 17B, das Licht mit der Wellen-
länge λ_1 durchläßt und Licht mit anderen Wellenlängen
10 reflektiert, wird durch galvanischen Niederschlag oder
dergl. auf den Teil der Fläche 11B des Substrats 11
gebildet, auf den der erste Verbindungsteil 12B ge-
richtet ist. Ein schräges Ende einer optischen Faser 13B,
die einen ähnlichen Aufbau aufweist wie die optische
15 Faser 13A ist mit dem Anschlußteil 12B durch ein
Interferenzfilter 17B verbunden.
In ähnlicher Weise ist ein Interferenzfilter 17C, das
Licht mit der Wellenlänge λ_2 durchläßt und das Licht
mit anderen Wellenlängen reflektiert, an dem Teil der
20 Fläche 11A des Substrats 11 angeordnet, auf den der
zweite Verbindungsteil 12C gerichtet ist. Ein schräges
Ende der optischen Faser 13C ist mit dem Verbindungs-
teil 12C durch ein Interferenzfilter 17C verbunden.
In gleicher Weise ist eine optische Faser 13D durch
25 ein Interferenzfilter 17D, das nur Licht mit einer
Wellenlänge λ_3 durchläßt, mit dem Teil der Oberfläche
11B des Substrats 11 verbunden, auf den der dritte
Verbindungsteil 12D gerichtet ist. Eine optische
Faser 12E ist mit dem anderen Ende 12E des optischen
30 Wellenleiters 12 über ein Interferenzfilter 17E ver-
bunden, um ausschließlich Licht mit der Wellenlänge λ_4
durchzulassen.
Anstatt die Interferenzfilter 17B, 17C, 17D und 17E an
den Seitenflächen 11A und 11B des Substrats 11 anzu-
35 ordnen, können sie auch an den Endflächen der ent-
sprechenden Fasern 13B, 13C, 13D und 13E vorgesehen
werden, die mit den Seitenflächen 11A, 11B des
Substrats verbunden werden. Damit die Interferenzfilter

1 17C, 17D und 17E vorgesehene Aufgaben erfüllen,
soll der Winkel θ vorzugsweise 20° oder weniger
betragen und soll so klein wie möglich sein, um eine
optimale Wirkungsweise der Vorrichtung zu erreichen.

5 Wenn gemischtes Licht von dem einen Ende 12A in dem
Wellenleiter 12 im Demultiplexer/Multiplexer der
beschriebenen Bauart einfällt, schreitet das Licht in
einer Wellenbewegung im Wellenleiter 12 fort und
10 erreicht den Verbindungsteil 12B. Am Verbindungsteil
12B wird nur das Licht mit einer Wellenlänge von λ_1
durch das Interferenzfilter 17B hindurchgelassen und
wird nach außerhalb des optischen Wellenleiters 12
geführt. Das verbleibende Licht wird durch das Inter-
15 ferenzfilter 17B reflektiert, pflanzt sich im Wellen-
leiter 12 fort und erreicht den Verbindungsteil 12C.
In ähnlicher Weise wie beim Verbindungsteil 12B wird
Licht, das Wellenlängen von λ_2 , λ_3 und λ_4 hat, aus
dem Wellenleiter 12 an den entsprechenden Verbindungs-
20 teilen 12C, 12D und 12E herausgeführt.
Wenn daher gemischtes Licht mit den Wellenlängen λ_1 ,
 λ_2 , λ_3 und λ_4 in die optische Faser 13A eingeführt
wird, wird das Licht mit der Wellenlänge λ_1 aus der
Faser 13B geliefert, die der Faser 13A gegenüber liegt,
25 und Licht mit den Wellenlängen λ_2 , λ_3 und λ_4 wird von
den jeweiligen Fasern 13C, 13D und 13E geliefert.

Umgekehrt kann aus der optischen Faser 13A ein ge-
misches Licht mit den Wellenlängen λ_1 , λ_2 , λ_3 und
30 λ_4 entnommen werden, wenn Licht mit den Wellenlängen
 λ_1 , λ_2 , λ_3 und λ_4 durch die Fasern 13B, 13C, 13D und 13E
zugeführt wird. Es ist einleuchtend, daß der Demulti-
plexer/Multiplexer - wie oben beschrieben - entweder
an eine Vielfachfaser (multimode) oder an eine Einfach-
35 faser (single mode) angeschlossen werden kann.

1 Bei einem Demultiplexer/Multiplexer, der eine Wellen-
leitervorrichtung nach der Erfindung verwendet, ist ein
Interferenzfilter an einem Oberflächenteil eines trans-
5 parenten Substrats vorgesehen, auf den ein Verbindungs-
teil eines optischen Wellenleiterelements gerichtet ist,
und eine optische Faser ist mit dem Filter verbunden.
Im Gegensatz zu einer konventionellen Vorrichtung wird
eine Linse, die das Licht der optischen Faser in
10 Parallellicht umwandelt, nicht benötigt. Die erfindungs-
gemäße Vorrichtung ist von einfachstem Aufbau, weist
nur eine geringe Anzahl von Verbindungsflächen und
daher nur geringe Verluste an den Verbindungsflächen
auf.

Weiterhin wird nach der Erfindung diffuses Licht aus der
15 optischen Eingangsfaser durch einen optischen Wellen-
leiter, der im Substrat ausgebildet ist und der eine
optische Übertragungsfunktion übernimmt, zu einer
optischen Ausgangsfaser geführt, die der optischen
Faser gleichwertig ist. Durch die oben beschriebene
20 kleine Anzahl von Verbindungsflächen wird der Gesamt-
verlust der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Vergleich
zu bekannten Vorrichtungen herabgesetzt, sodaß sich
ein hochsensibler, sehr genauer Demultiplexer/Multi-
plexer ergibt. Diese Wirkung der vorstehend beschriebe-
25 nen Ausführung ist auch mit den nachfolgenden Aus-
führungen erreichbar.

Die Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform der vorliegenden
Erfindung, bei der eine optische Wellenleitervorrichtung
in ähnlicher Weise bei einem Demultiplexer/Multiplexer
30 vorgesehen ist.

Bei der zweiten Ausführungsform ist ein Paar von Wellen-
leiterkörpern 10A und 10B vorgesehen, die einen ähnli-
chen Aufbau haben, wie bei der ersten Ausführungsform,
bis auf die V-Form der Wellenleiter 12 im transparenten
35 Substrat 11, die einander gegenüberliegen.

1 Im Körper 10A des ersten Wellenleiters sind optische Fasern 13A und 13B mit schrägen Enden mit den Enden 12A und 12E des Wellenleiters 12 verbunden, sodaß die optischen Achsen der Fasern 12A und 13B mit der Achse des Wellenleiters 12 fluchten. Ein Ende 12A des Wellenleiters 12 des zweiten Wellenleiterkörpers 10B ist durch ein Interferenzfilter 18A, das Licht mit der Wellenlänge λ_1 reflektiert und das Licht der anderen Wellenlängen durchläßt, mit einem Oberflächenteil des Substrats 11 verbunden, auf das der Verbindungsteil 12B des Wellenleiters 12 des ersten Wellenleiterkörpers 10A gerichtet ist.

Eine optische Faser 13C ist durch ein Interferenzfilter 18B, das Licht mit der Wellenlänge λ_2 reflektiert und das Licht mit anderen Wellenlängen durchläßt, mit dem Oberflächenteil des Substrats 11 verbunden, auf den der Verbindungsteil 12B des Wellenleiters 12 des zweiten Wellenleiterkörpers 10B gerichtet ist. Eine optische Faser 13D ist mit dem anderen Ende 12E des Wellenleiters 12 des zweiten Wellenleiterkörpers 10B ohne Zwischenschaltung eines Interferenzfilters verbunden.

Wenn gemischtes Licht mit den Wellenlängen λ_1 , λ_2 und λ_3 dem ersten optischen Wellenleiterkörper 10A durch die optische Faser 13A zugeleitet wird, wird das Licht mit einer Wellenlänge von λ_1 durch das erste Interferenzfilter 18A reflektiert und aus dem Wellenleiterkörper 10A durch die optische Faser 13B herausgeführt. Das verbleibende gemischte Licht mit den Wellenlängen λ_2 und λ_3 , das von dem Interferenzfilter 18A durchgelassen wird, schreitet im Wellenleiter 12 des zweiten Wellenleiterkörpers 10B fort und erreicht das zweite Interferenzfilter 18B. Licht mit der Wellenlänge λ_2 wird von dem zweiten Interferenzfilter 18B reflektiert und durch die optische Faser 13D, die mit dem anderen Ende 12E des Wellenleiters 12 verbunden ist, aus dem Wellenleiterkörper 10B herausgeführt. Licht mit der

1 Wellenlänge λ_3 , das vom Interferenzfilter 18B durchge-
lassen wird, wird durch die optische Faser 13C aus dem
Wellenleiterkörper 10B herausgeführt. Auf diese Weise
kann das gemischte Licht mit den Wellenlängen λ_1 , λ_2 und
5 λ_3 in seine Komponenten entsprechend den jeweiligen
Wellenlängen zerlegt werden.
Wenn umgekehrt Lichtkomponenten mit den Wellenlängen λ_1 ,
 λ_2 und λ_3 durch die optischen Fasern 13B, 13D und 13C
zugeführt, so ergibt sich aus der optischen Faser 13A ein
10 gemischtes Licht mit den Wellenlängen λ_1 , λ_2 und λ_3 .

Fig. 9 zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung,
bei der eine optische Wellenleitervorrichtung bei einem
optischen Schalter verwendet wird.

15 Ein optischer Schalter 20 dieser Ausführungsform ist
erfindungsgemäß mit einem Paar von optischen Wellen-
leitern 21A und 21B ausgerüstet, die symmetrisch einander
gegenüberliegen und zwischen denen ein Flüssigkeits-
kristall 22 angeordnet ist. Optische Fasern 23A und 23B
20 sind mit einem Ende 12A bzw. einem anderen Ende 12E eines
optischen Wellenleiters 12 des Wellenleiterkörpers 21A
verbunden. In ähnlicher Weise sind optische Fasern 23C
und 23D mit einem Ende 12A bzw. dem anderen Ende 12E
eines Wellenleiters 12 des Wellenleiterkörpers 21B
25 verbunden.

Im optischen Wellenleiterkörper 21A ist ein optischer
Wellenleiter 12, der einen Bereich aufweist, dessen
Brechungsindex größer ist als der eines transparenten
Substrats 11 aus Glas, einem Kunststoff oder dergl.
30 In V-Form im transparenten Substrat 11 ausgebildet.
Ein Verbindungsteil 12B des Wellenleiters 12 ist zu
einer Seite des Wellenleiterkörpers 21A hin gerichtet.
Einander gegenüberliegende Ecken des Substrats 11 weisen
Eckflächen 24 auf, die senkrecht zur Achse des Wellen-
leiters 12 liegen. Die Enden der optischen Fasern 23A
35 und 23B sind an die Eckflächen 24 angeschlossen, sodaß
die optischen Achsen der Eckflächen mit der optischen
Achse des Wellenleiters 12 ausgerichtet sind.

- 1 Die optischen Fasern 23C und 23D sind mit ähnlichen
Eckflächen 24 des Wellenleiterkörpers 21B verbunden.
Die Wellenleiterkörper 21A und 21B liegen einander
gegenüber, sodaß die Verbindungssteile 12B des Wellen-
5 leiters 12 einander gegenüberliegen. Eine Zwischenlage
aus Flüssigkeitskristallen 22 ist zwischen die beiden
Wellenleiterkörper eingesiegelt.
Wenn dies auch in den Zeichnungen nicht erkennbar ist,
so sind doch transparente, leitende Filme auf den
10 Oberflächen der optischen Wellenleiter 21A und 21B
ausgebildet, die die Flüssigkeitskristalle 22 zwischen
sich einschließen, sodaß ihnen eine kontrollierte, äußere
elektrische Spannung zugeführt werden kann.
Wenn in dem beschriebenen optischen Schalter die
15 Flüssigkeitskristalle 22 transparent sind, wird durch
die optische Faser 23A übermitteltes Licht in die
optische Faser 23D übermittelt, die ihr gegenüber liegt.
- Wenn die Flüssigkeitskristalle 22 lichtundurchlässig
20 sind, wird das durch die optische Faser 23A zugeführte
Licht durch den Verbindungssteil 12B des Wellenleiters 12
in die optische Faser 23B hineinreflektiert. Licht, das
von der optischen Faser 23C zugeleitet wird, wird in
ähnlicher Weise in die optische Faser 23D hineinreflektiert,
25 die mit dem Substrat 11 verbunden ist. Der optische
Schalter funktioniert dementsprechend.
- Fig. 10 und 11 zeigen eine vierte Ausführungsform der
Erfindung, wobei eine optische Wellenleitervorrichtung
bei einem Eingangskoppler (access coupler) vorgesehen
30 ist. Ein optischer Wellenleiter 31 mit einem im Schnitt
kreisförmigen Abschnitt weist einen Bereich auf, der
in einem transparenten Substrat aus Glas, Kunststoff
oder dergl. ausgebildet ist und einen Brechungsindex
aufweist, der größer ist als der des Substrats 30.
35 Der Wellenleiter 31 besteht aus einem ersten Wellen-
leiterelement als Eingangsweg 31A, einem zweiten opti-
schen Wellenleiterelement als Ausgangsweg 31 B und einem

1 dritten optischen Wellenleiterelement als Eingangszweig-
leitung 32, das sich vom zweiten optischen Wellen-
leiterelement zu einer Seitenfläche 30A des Substrats 30
erstreckt. Die Zweigleitung 32 braucht nicht in der
5 Ebene angeordnet zu sein, in der der Eingangsweg 31A
und der Ausgangsweg 31B liegen.
Der Durchmesser des Wellenleiters 31 ist im wesentlichen
dem Durchmesser des Kerns einer Gruppe von optischen
Fasern 40A, 40B, 40C und 40D, die an den Eingangskoppler
10 angeschlossen sind, und bleibt über den ganzen Wellen-
leiter gleich.
Ein Verbindungsteil 33 des Wellenleiters 31 ist zur
Seitenfläche 30A des Substrats 30 hin gerichtet. Die
Form des Verbindungsteils 33 im zum Substrat gerichteten
15 Teil ist im wesentlichen kreisförmig und entspricht dem
Durchmesser der optischen Faser 40C, mit der der Ver-
bindungsteil verbunden ist.
Der Eingangsweg 31A und der Ausgangsweg 31B bilden mit
einer Linie senkrecht zur Seitenfläche 30A des Substrats
20 30 den gleichen Winkel. Ein dielektrisches Filter 34, das
einen Teil des durch den Eingangsweg 31A zugeführten
Lichts hindurchläßt und das restliche Licht reflektiert,
ist an dem Teil der Seitenfläche 30A des Substrats 30
angeordnet, der dem Verbindungsteil 33 des Eingangs- bzw.
25 Ausgangsweges 31A und 31B entspricht. Der Winkel θ wird
so eingestellt, daß er ausreichend kleiner (im allge-
meinen 20° oder weniger) ist als der kritische Gesamt-
reflektionswinkel des dielektrischen Filters 34.
Der Eingangszweigweg 32 ist ausgebildet, um sich mit
30 dem Ausgangsweg 31B an einem mittleren Punkt so zu
vereinigen, daß seine Achse einen Winkel θ_2 mit der Achse
des Ausgangsweges 31B in Richtung zum Verbindungsteil 33
bildet. Wenn der Winkel θ_2 zu groß ist, ergibt sich ein
zu großer Vereinigungsverlust. Aus diesem Grunde ist der
35 Winkel θ_2 gleich 10° oder weniger, vorzugsweise 4° oder
weniger und noch bevorzugt wird ein Winkel von 2° oder
weniger. Wenn der Winkel θ_2 so ausgewählt wird, daß er

1 diese Bedingung erfüllt, kann der Vereinigungsverlust
soweit verringert werden, daß er vernachlässigbar
klein wird.

Der Durchlass des in dieser Ausführungsform benutzten
5 Filters 34 wird so ausgewählt, daß es in den Bereich
von 20 - 5% fällt, sodaß die Ausgangslichtstärke einen
gewünschten Abzweiganteil bei der gegebenen Bedingung
des Winkels θ_1 bezüglich der Achse des Eingangsweges 31A
hat. Obwohl das Filter 34 bei dieser Ausbildungsform
10 an der Seitenfläche 30A des Substrats 30 ausgebildet
ist, so kann es doch auch an der Endfläche der optischen
Faser 40C, die damit verbunden wird, ausgebildet werden.

Die optische Faser 40A ist als Hauptlinie mit einem
15 Ende 35 (Seitenfläche 30B des Substrats 30) des Ein-
gangsweges 31A des oben beschriebenen Eingangskopplers
(access coupler) verbunden, und eine andere optische
Faser 40B ist als Hauptlinie mit einem Ende 36 des
Ausgangsweges 31B, der auf die Seitenfläche 30B des
20 Substrats 30 gerichtet ist, verbunden. Eine weitere
optische Faser 40D, die optische Signaldaten überträgt,
die in einem Terminal oder dergl. erarbeitet werden,
ist mit einem Ende 37 des Eingangsweges 32 verbunden,
der auf die Seitenfläche 30A des Substrats 30
25 gerichtet ist.

Die optischen Signaldaten, die in der oben beschriebe-
nen Vorrichtung durch die optische Faser 40A hindurch
geleitet werden, werden durch den Eingangsweg 31A des
Eingangskopplers 34 teilweise durch das optische
30 Filter 34 übermittelt und werden einem Terminal oder
dergl. zugeleitet, das mit der optischen Faser 40C
verbunden ist. Anstatt die optische Faser 40C mit dem
Koppler zu verbinden, kann ein Photodetektor ange-
schlossen werden, um die optischen Daten, die durch
35 die Hauptlinie durchgegeben werden, zu überwachen.
Das restliche Licht, das durch das Filter 34 reflektiert
wird, wird in den Ausgangsteil 31B im Eingangskoppler

1 geleitet und der optischen Faser 40B der Hauptlinie
zugeleitet, die mit dem Ende 36 verbunden ist.
Die Signaldaten, die im Terminal erarbeitet und von
diesem durch die optische Faser 40D ausgesandt wurden,
5 gehen in den Eingangsweg 32 des Eingangskopplers ein
und vermischen sich mit dem Hauptleitungssignal, das
sich im Ausgangsweg 31B durch die Zweigleitung 32
ausbreitet.

Wenn die Form und der Brechungsindex des optischen
10 Wellenleiters 31 richtig ausgewählt werden, um eine
ungeteilte (single mode) Übertragungsart zu erreichen,
kann der Eingangskoppler der oben beschriebenen Bauart
als ungeteilter Eingangskoppler dienen (single-mode
access coupler).

15 In Übereinstimmung mit einem Eingangskoppler nach der
Erfindung kann, wenn das Filter richtig ausgewählt ist,
das Hauptliniensignal mit großer Genauigkeit z.B. in
einem Abzweigverhältnis von 5 : 1 aufgeteilt werden,
wobei ein gleichbleibender Durchmesser des Wellen-
20 leiters über den ganzen Bereich des Kopplers aufrecht
erhalten werden kann.

Da der Durchmesser des Wellenleiters gleichbleibend
gehalten werden kann, kann ein Zweigleitungs-Ausgangs-
licht mit einem konstanten Zweigleitungsverhältnis
25 erreicht werden, unabhängig von der Ausrichtung der
optischen Eingangsfasern und dem Wellenleiter.

Wenn das Filter zur Trennung des übertragenen Lichtes,
wie es bei der ersten und zweiten Ausführungsform
benutzt wurde, statt des Filters 34 zur Trennung der
30 Lichtübertragung wie es bei der vierten Ausführungs-
form benutzt wurde, eingesetzt wird, kann der Eingangs-
koppler als ein Demultiplexer/Multiplexer verwendet
werden.

Die Fig. 12 zeigt eine fünfte Ausbildungsform der vor-
35 liegenden Erfindung, bei der eine optische Wellenleiter-
vorrichtung nach der Erfindung in ähnlicher Weise bei
einem Eingangskoppler benutzt wird. Bei dieser Aus-

1 führungform wird das Verfahren, die Enden der
optischen Fasern 40A und 40B der Hauptlinie schräg
auszubilden nicht benutzt. Statt dessen werden die
Nachbarbereiche der Enden des Eingangsweges 31A und des
5 Ausgangsweges 31B gebogen mit einem verhältnismäßig
großen Krümmungsradius R ausgeführt, sodaß die optischen
Achsen der Wege 31A und 31B senkrecht auf die Seiten-
fläche 30B des Substrats 30 auftreffen. Die restlichen
Merkmale des Eingangskopplers der fünften Ausbildungs-
10 form bleiben die gleichen wie bei der vierten Aus-
bildungsform.

Fig. 13 zeigt eine sechste Ausbildungsform der Erfindung,
bei der eine erfindungsgemäße optische Wellenleiter-
vorrichtung in ähnlicher Weise bei einem Eingangskoppler
15 verwendet wird.

Bei dieser Ausbildungsform sind ein Eingangsweg 31A und
ein Ausgangsweg 31B beide geradlinige Wege und eine
Seitenfläche 30B eines Substrats 30 ist lotrecht zu den
Enden der optischen Achsen der Wege 31A und 31B ange-
20 ordnet. Ähnliche Wirkungen wie bei der fünften Aus-
bildungsform können daher auch mit der sechsten Aus-
bildungsform erreicht werden.

Ein geeignetes Verfahren zur Herstellung einer optischen
Wellenleiter-Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung
25 wird nun mit Bezug auf die Fig. 14 und 15 beschrieben:
Zunächst wird wie in Fig. 14A gezeigt, die obere Ober-
fläche eines Glas-Substrats 41 mit einer Maske 42 ab-
gedeckt, die eine Diffusion von Ionen durch sie hindurch
verhindert. Die Maske 42 ist so ausgeführt, daß sie
30 teilweise, z.B. in V-Form, angeätzt ist, um eine Öffnung
43 zu bilden.

Dann wird, wie in Fig. 15 gezeigt, die Oberfläche des
Substrats 41, die mit der Maske 42 abgedeckt ist, mit
einem geschmolzenen Salz 47 in Verbindung gebracht, das
35 Ionen enthält, die einen hohen Polarisationsfaktor
besitzen, z.B. Thallium Ionen. Das Salz 47 und das Substrat
werden erhitzt. Das Substrat wird einem elektrischen Feld

- 1 ausgesetzt, wobei die durch die Maske 42 abgedeckte
Oberfläche des Substrats 41 als positive Elektrode
und die gegenüberliegende Oberfläche als negative
Elektrode benutzt wird.
- 5 Die Ionen des Salzes 47 diffundieren durch die Öffnung 43
in das Substrat 41. Einige Ionen entweichen durch die
Öffnung 43 aus dem Substrat 41 nach außen und bilden
einen Bereich 44 mit hohem Brechungsindex im Substrat 41,
wie aus Fig. 14B ersichtlich. Wenn die Öffnung 43 in der
10 Maske 42 ausreichend klein ist, z.B. 5/16 oder weniger,
wird der Bereich 44 mit hohem Brechungsindex im wesent-
lichen im Schnitt halbkreisförmig.
Dann wird, wie in Fig. 14C gezeigt, die Maske abge-
nommen und eine Maske 45 mit einer Ausdehnung von
15 30 bis 100% des Bereichs 44 mit hohem Brechungsindex
wird nur auf der Oberfläche des Bereichs 44 angeordnet.

- Die Oberfläche des Substrats 41 auf der die Maske 45
ausgebildet ist, wird mit einem Sulfat oder Nitrat,
20 das Ionen mit einem niedrigen elektronischen Polari-
sationsfaktor, wie Natrium und/oder Kalium Ionen, in
Verbindung gebracht. Das Salz und das Substrat 41
werden erhitzt. Das Substrat 41 wird einem elektrischen
Feld ausgesetzt, wobei die mit der Maske 45 bedeckte
25 Oberfläche als positive und die gegenüberliegende
Oberfläche als negative Elektrode genutzt wird.

- Dann diffundieren Ionen des Salzes in Bereiche des
Substrats 41 ein, die nicht von der Maske 45 bedeckt
30 sind und es wird ein Bereich 46 mit einem hohen Brechungs-
index gebildet, der im wesentlichen einen kreisförmigen
Schnitt zeigt (s. Fig. 14D).

- Der erste Grund für die Ausbildung eines im Schnitt
kreisförmigen Bereichs 46 mit hohem Brechungsindex wird
35 wie folgt vermutet. Die Ionen mit niedrigem elektro-
nischen Polarisationsfaktor diffundieren von dem Ober-
flächenbereich des Substrats 41, der die Maske 45 umgibt,

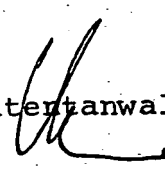
- 1 nicht nur in den Substratbereich außerhalb der Maske,
sondern auch in die Bereiche unter der Maske. Die
Diffusionsrate in den Bereich unterhalb der Maske 45
ist nur gering, jedoch groß in den Bereichen , die die
5 Maske umgeben.
- Ein zweiter Grund kann der folgende sein. Im Bereich 44,
der Ionen mit einem hohen elektronischen Polarisations-
faktor enthält, ist die Beweglichkeit der Ionen im
Substrat 41 geringer als die in den anderen Bereichen
10 des Substrats 41. In dem Anteil des Bereichs 44 direkt
unterhalb des zentralen Teils der Maske 45 ist die
Konzentration der Ionen mit einem hohen elektronischen
Polarisationsfaktor groß und die Diffusionstiefe ist
ebenfalls groß. Dementsprechend ist die Beweglichkeit
15 der Ionen, die einen hohen elektronischen Polarisations-
faktor haben, in dem Teil des Bereichs 44 direkt unter-
halb der Maske 45 geringer als in den Bereichen des
Substrats 41, die den Bereich 44 umgeben.
- Da der Bereich mit einem hohen Brechungsindex durch die
20 Beaufschlagung mit einem elektrischen Feld gebildet
wird, ändert sich der Brechungsindex stufenweise im
Bereich 46, wenn nicht besondere Maßnahmen ergriffen
werden.
- Wenn jedoch das Glas-Substrat 41 auf eine Temperatur,
25 die unterhalb der Temperatur liegt, durch die das
Substrat 41 deformiert wird, erhitzt wird und Ionen
mit einem hohen elektronischen Polarisationsfaktor im
Bereich 46 mit hohem Brechungsindex und die umgebenden
Ionen mit einem niedrigen elektronischen Polarisations-
30 faktor (d.h. Ionen mit einer geringen Erhöhungswirkung
des Brechungsindex) diffundieren, kann im Bereich 46
eine Brechungsindexverteilung erreicht werden, bei der
der Brechungsindex stufenweise von der optischen Achse
nach außen hin abnimmt. Der sich ergebende Bereich 46
35 mit einem hohen Brechungsindex wird also einen kreis-
förmigen Schnitt aufweisen.

- 1 In der Fig. 15 werden mit 48 ein Lage einer dielektri-
schen Paste aus Ton und KNO_3 ; mit 49 und 50 Elektroden-
platten; mit 51 ein Tank für geschmolzenes Salz und mit
52 eine Gleichstromquelle bezeichnet.
- 5 Wenn auch die vorstehende Beschreibung sich auf einen
Fall bezieht, bei dem Glas als Substrat 41 benutzt wurde,
so kann doch eine optische Wellenleitervorrichtung nach
der Erfindung in ähnlicher Weise dadurch erhalten werden,
daß als Substrat 41 ein synthetisches Kunstharz
10 verwendet wird. In diesem Fall wird ein teilweise polari-
siertes Harzsubstrat statt des Glas-Substrats 41 verwendet
und ein Monomer zur Bildung eines Polymers mit einem
höheren Brechungsindex als der des Substrats wird statt
Ionen in das Substrat hineindiffundiert.
- 15 Stattdessen können verschiedene andere Verfahren gewählt
werden, um einen optischen Wellenleiter in einem Quartz-
substrat zu bilden, wobei eine CVD-Technik verwendet
wird, die bei der Herstellung von optischen Fasern
benutzt wird. Die Wirkung eines gleichmäßigen Durch-
20 messers eines optischen Wellenleiters durch einen
Eingangskoppler hindurch ist besonders wesentlich im
Falle, daß ein optischer Wellenleiter durch ein Ionen-
austauschverfahren unter Verwendung von Glas durch
Eindiffundieren eines Monomers durch eine Maske mit einer
25 Öffnung, die einem optischen Wellenleitermuster ent-
spricht zur Bildung eines Polymers mit einem hohen
Brechungsindex in ein nicht polymerisiertes syntheti-
sches Harzsubstrat, oder wenn ein optischer Wellenleiter
durch ein CVD oder ein PCVD gebildet wird.
- 30 Wenn die Größe der Öffnung in der Maske nicht einheitlich
ist, variieren die Diffusinstiefe, die Niederschlags-
stärke der eindiffundierten Ionen, des Harzmonomers oder
der Partikel. Infolgedessen wird der Querschnitt des
sich ergebenden Wellenleiters verzerrt, was zu einem
35 hohen Übertragungsverlust führt. Dieses Problem kann
durch den optischen Wellenleiter nach der Erfindung
vermieden werden.

1 Wenn auch erläuterte Ausführungsformen der Erfindung
mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen im einzelnen
beschrieben wurden, sind diese Ausführungen doch so
zu verstehen, daß sich die Erfindung nicht auf diese
5 Beispiele beschränkt, und daß verschiedene Abwandlungen
und Veränderungen vom Fachmann vorgenommen werden können
ohne das Wesen der Erfindung, wie es in den beigefügten
Ansprüchen gekennzeichnet ist, zu verlassen.

10

15


Patentanwalt

20

25

30

35

-28 -
Leerseite

- 37 -

FIG. 1

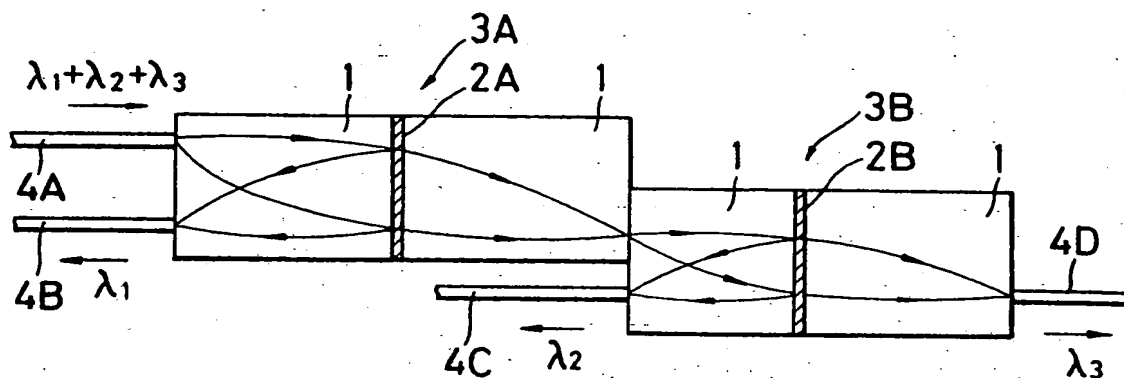


FIG. 2

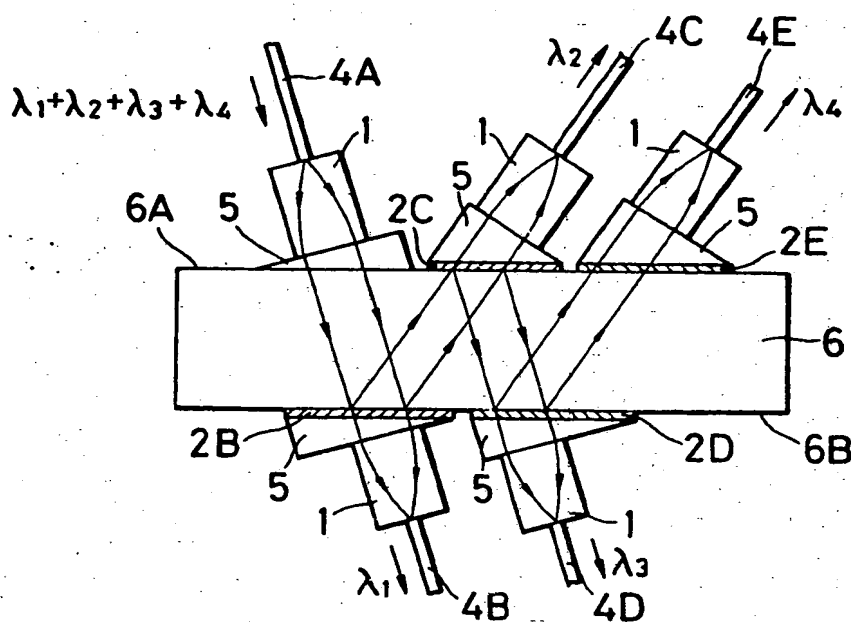


FIG. 3

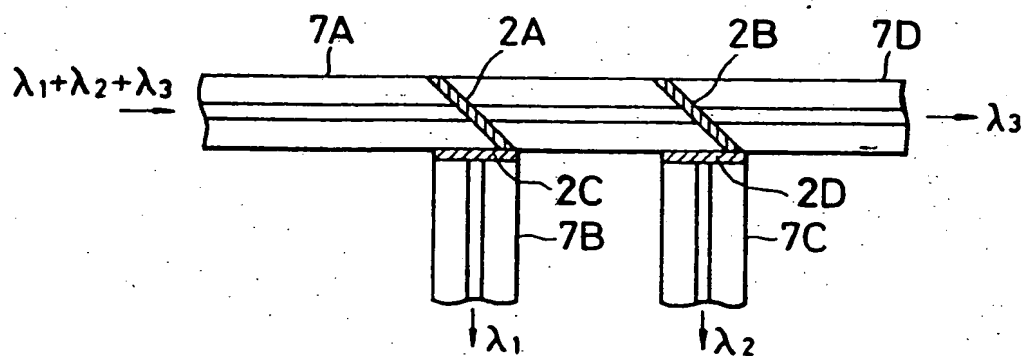


FIG. 4

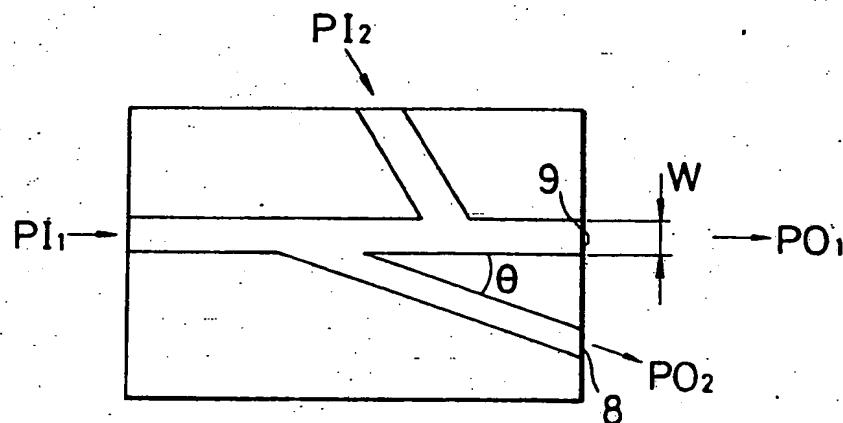


FIG. 5

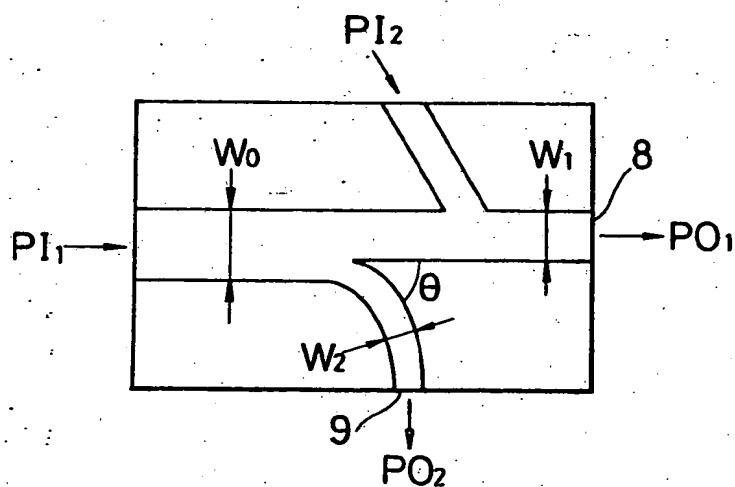


FIG. 6

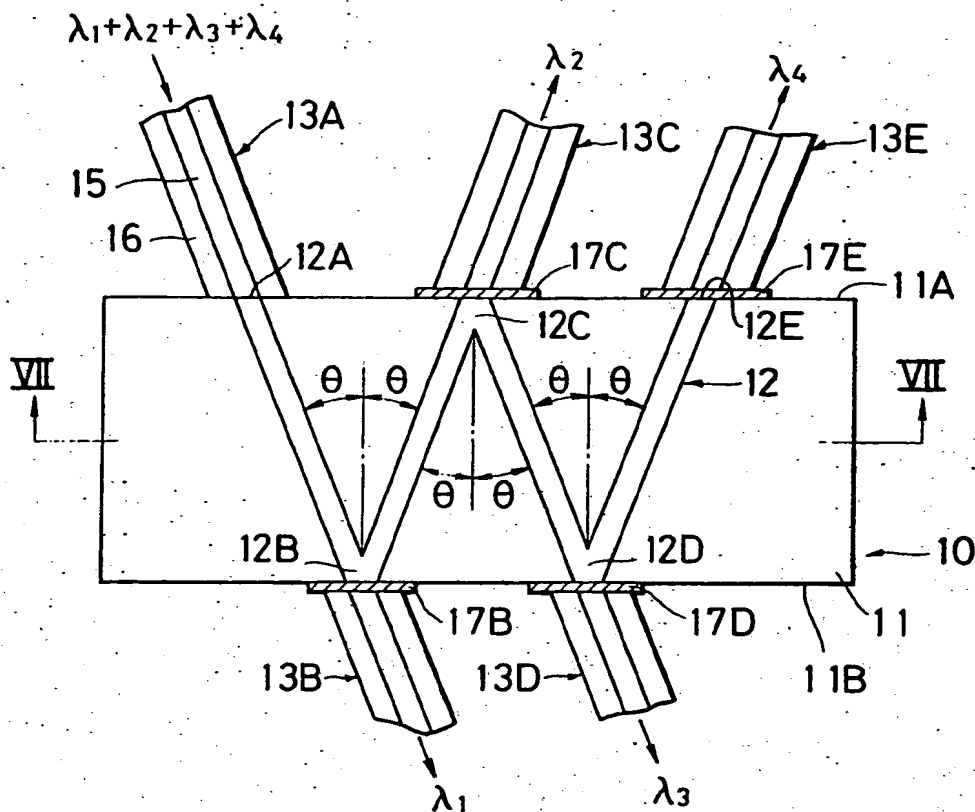


FIG. 7

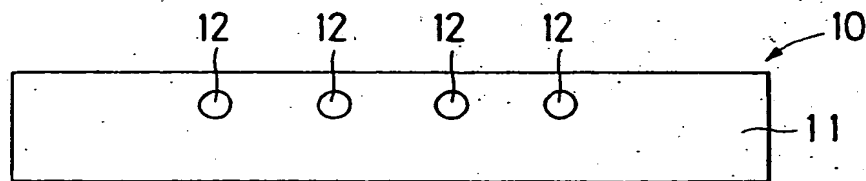


FIG. 8

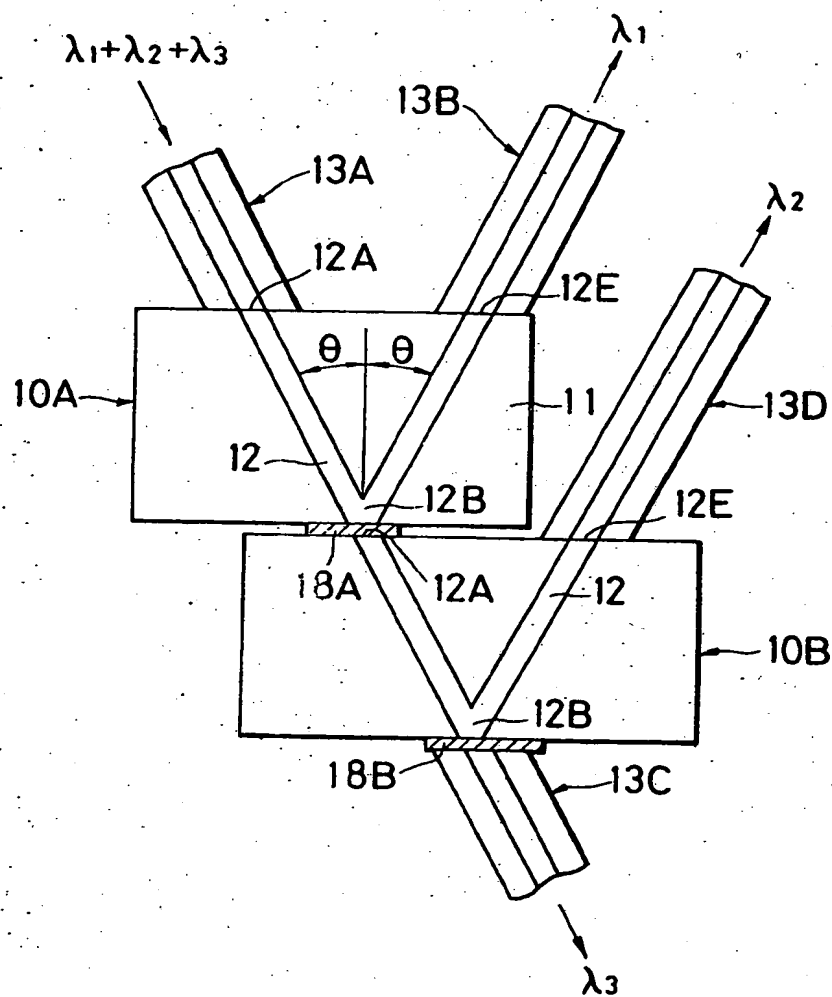


FIG. 9

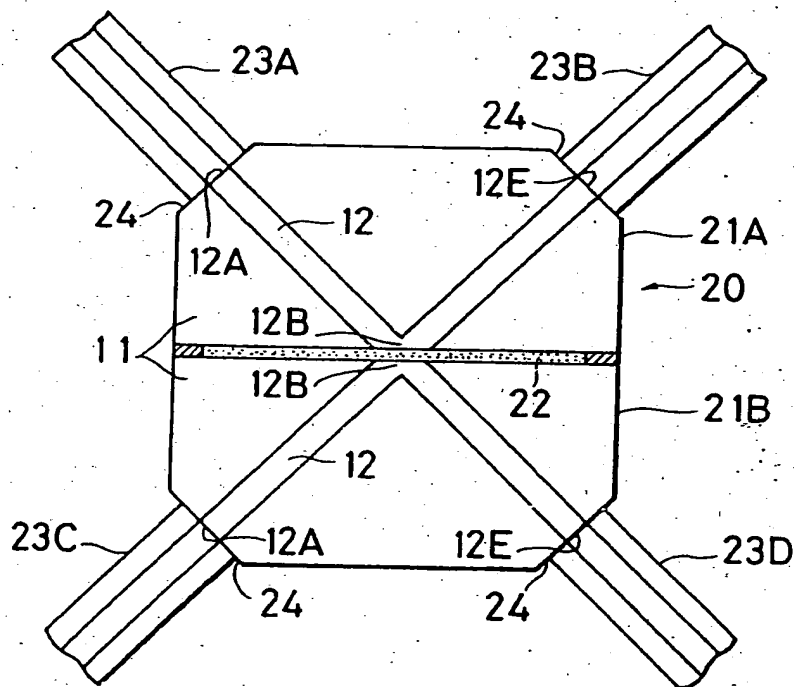


FIG. 10

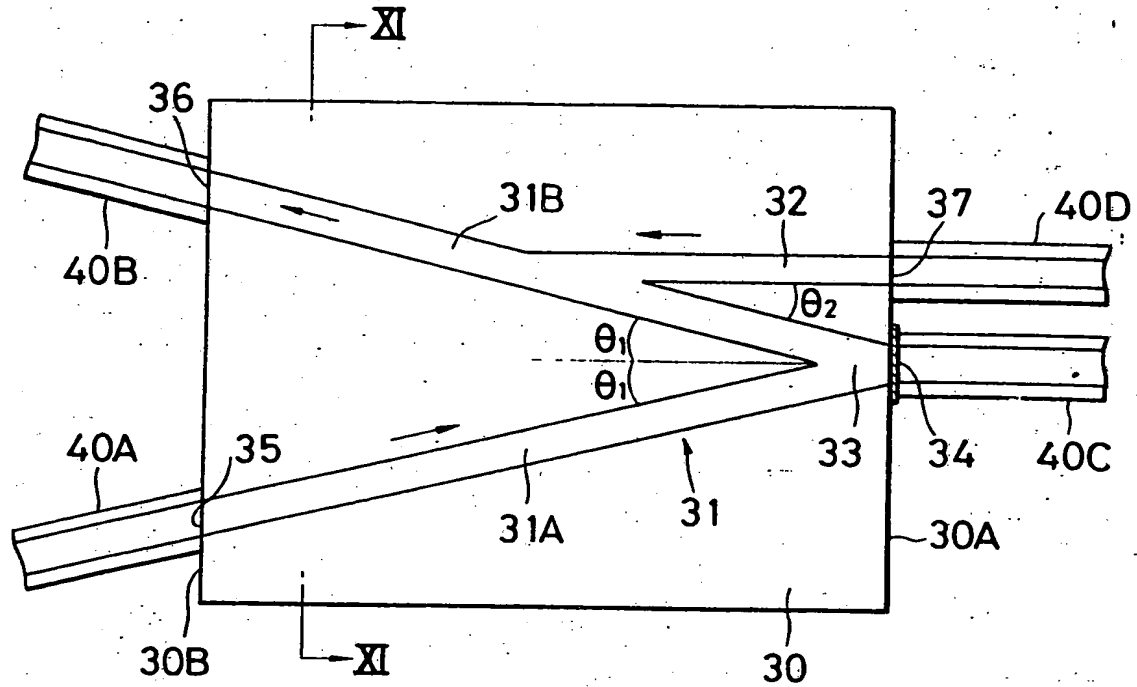


FIG. 11

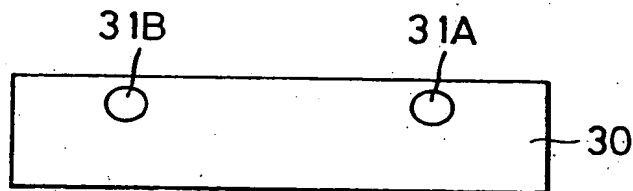


FIG. 12

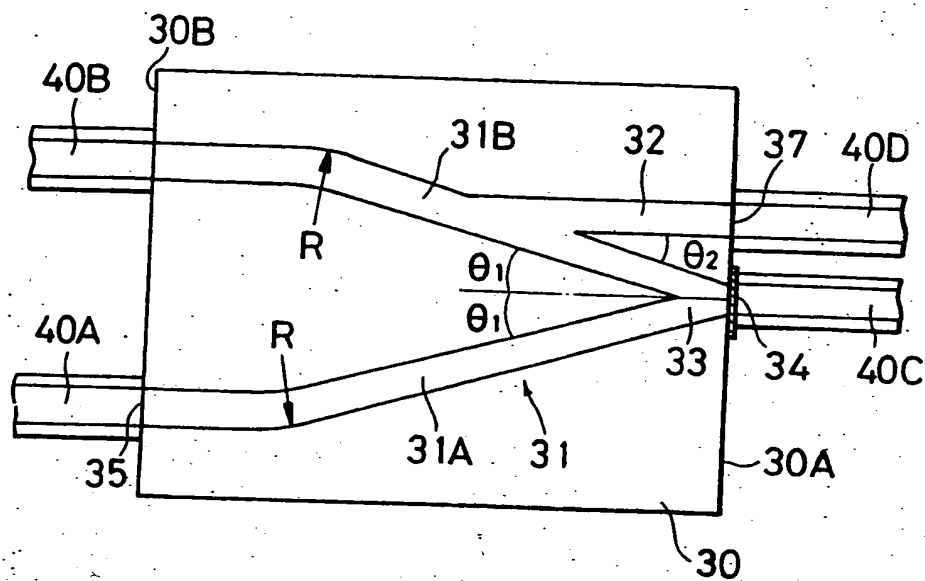


FIG. 13

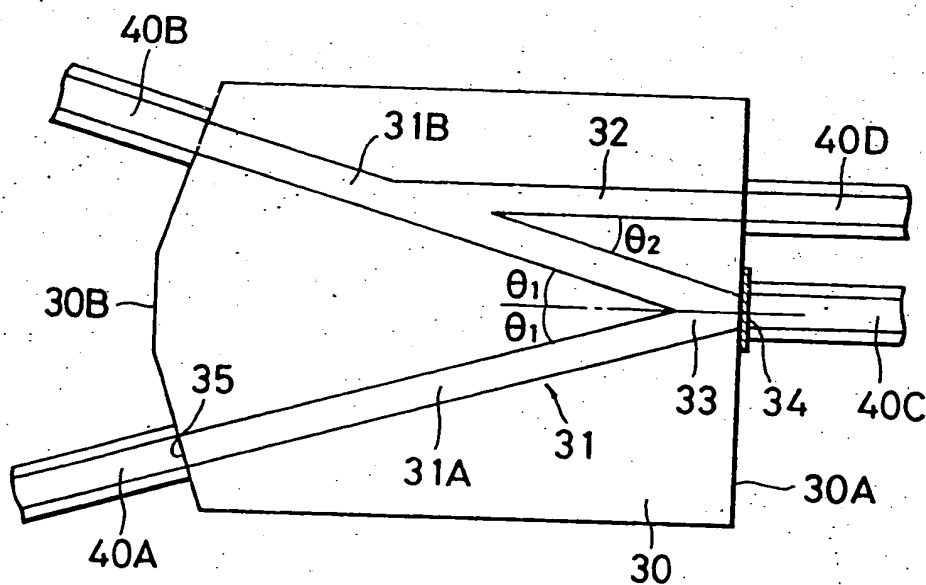


FIG.14A

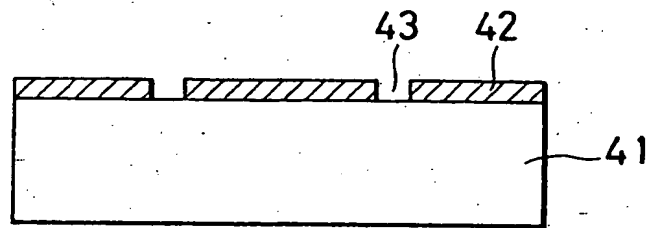


FIG.14B

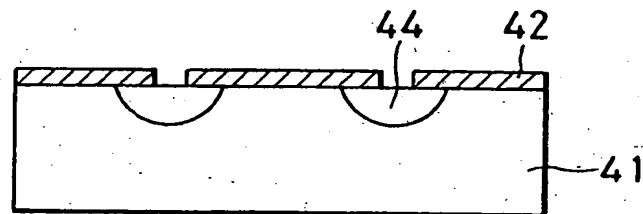


FIG.14C

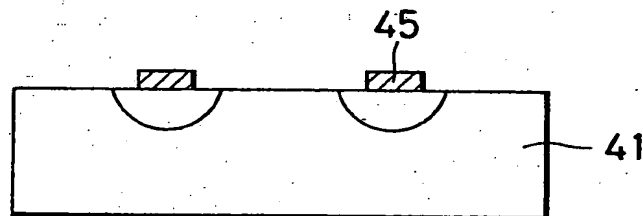


FIG.14D

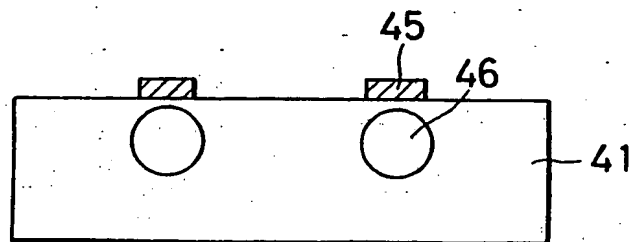


FIG. 15

